



**Notat februar 2023**

## **Referencelaboratoriet for måling af emissioner til luften**

<b>Titel</b>	<b>Målinger under OTNOC på affaldsforbrændingsanlæg</b>
<b>Undertitel</b>	<b>Dioxiner og furaner samt dioxinlign. PCB</b>
<b>Forfatter(e)</b>	<b>Lars K. Gram</b>
<b>Kvalitetssikring</b>	<b>Ole Schleicher</b>
<b>Arbejdet udført, år</b>	<b>2022-2023</b>
<b>Udgivelsesdato</b>	<b>Februar 2023</b>
<b>Revideret, dato</b>	<b>Marts 2023</b>

Referencelaboratoriets rapporter er udarbejdet som baggrundsrapporter for Miljøstyrelsen eller som fagligt input til en problemstilling inden for Referencelaboratoriets fagområde.

Kun hvis det specifikt fremgår af rapporten, er indholdet udtryk for Miljøstyrelsens holdning.

Miljøstyrelsen beslutter på baggrund af rapportens indhold, om det er påkrævet med ændringer i vejledninger og bekendtgørelser.



## **Indholdsfortegnelse**

1	Indledning .....	3
1.1	Baggrund.....	3
1.2	Formål.....	3
1.3	Aktiviteter i projektet.....	3
2	Resultater af undersøgelsen .....	4
2.1	Besvarelse af spørgsmål 1.....	4
2.2	Besvarelse af spørgsmål 2.....	5
2.3	Besvarelse af spørgsmål 3.....	6
2.4	Besvarelse af spørgsmål 4.....	6
2.5	Besvarelse af spørgsmål 5.....	7
2.6	Besvarelse af spørgsmål 6.....	7
2.7	Besvarelse af spørgsmål 7.....	7
2.8	Besvarelse af spørgsmål 8.....	7
2.9	Besvarelse af spørgsmål 9.....	7
2.10	Besvarelse af spørgsmål 10.....	8
2.11	Besvarelse af spørgsmål 11.....	8
3	Sammenfatning og konklusion.....	9
4	Bidrag og referencer.....	9

## 1 Indledning

Dette notat er udarbejdet af Referencelaboratoriet som baggrundsnotat for Miljøstyrelsen eller som fagligt input til en problemstilling inden for Referencelaboratoriets fagområde. Kun hvis det specifikt fremgår af notatet, er indholdet udtryk for Miljøstyrelsens holdning. Miljøstyrelsen beslutter på baggrund af rapportens indhold, om det er påkrævet med ændringer i vejledninger og bekendtgørelser.

### 1.1 Baggrund

BAT-konklusioner for affaldsforbrænding har BAT-konklusioner (BAT 5 og 18) om overvågning af emissioner under OTNOC (Other Than Normal Operating Conditions).

Affaldsforbrændingsbekendtgørelsen definerer nedlukning og opstart i § 4, nr. 12 og 16:

- 12) Nedlukning: Nedlukning omfatter tidsrummet fra al affald på i ovnen er udbrændt til ovnen er kølet helt af.
- 16) Opstart: Opstart omfatter tidsrummet frem til temperaturen i efterforbrændingszonen er nået op på henholdsvis 850°C og 1.100°C og indfyring af affald i ovnen påbegyndes.

OTNOC omfatter bl.a. opstart og nedlukning.

OTNOC ved opstart er perioden fra kold ovn startes med støttebrænder til forbrænding af affald påbegyndes ved EBK-temperatur på 850°C. For anlæg, som har godkendelse til at forbrænde biomasseaffald fra EBK på 600°C, er perioden fra kold ovn startes med støttebrænder til forbrænding biomasseaffald påbegyndes.

OTNOC ved nedlukning er perioden fra der ikke mere er affald på risten til kold ovn.

Ved kold ovn forstås som udgangspunkt, at hedepladerne (det varmeste sted i ovnen) er under 200°C. Denne definition gælder alene i forhold til dioxindannelse.

### 1.2 Formål

Miljøstyrelsen ønsker en vurdering af, hvordan emissioner af dioxiner, furaner og dl-PCB teknisk og beregningsmæssigt overvåges bedst under OTNOC, jf. BAT 5 og BAT 18 i BAT-konklusioner om forbrænding af affald.

Emissioner af øvrige parametre under OTNOC skal overvåges vha. af anlæggenes AMS-målinger, herunder AMS for Hg og flow. Overvågning af disse parametre indgår således ikke i dette projekt.

### 1.3 Aktiviteter i projektet

Projektet skal som minimum besvare følgende tekniske spørgsmål:

1. Hvilken betydning har stigende temperaturer under opstart og faldende temperatur under nedlukning på dannelse dioxiner, furaner og dl-PCB, og hvordan tages der højde herfor ved måling (skal målinger opdeles i tidsperioder eller temperaturintervaller)?
2. Hvornår kan og skal prøveudtagningen starte i forbindelse opstart? (Ved første gennemblæsning af luft ved driftsstart af sugetræksblæser eller primær/sekundærblæsere inden opstarts-/støttebrændere sættes i drift).
3. Skal der udtages én eller flere prøver under opstart, fx forskellige temperaturintervaller?

## Notat februar 2023

### Målinger under OTNOC på affaldsforbrændingsanlæg

---

4. Hvordan håndteres langvarig opstart i forbindelse med udtørring af murværk?
5. Er isokinetisk prøveudtagning mulig ved stigende røggasflow således der kan udtages en flowproportional prøve?
6. Hvad er en repræsentativ prøveudtagning under stigende røggasflow fra opstart af kold ovn til varm ovn er klar til normal drift?
7. Hvordan registreres røggasflow under prøveudtagning?
8. Hvordan skal analyseresultatet fra en præstationskontrol tolkes, når flow ikke har været konstant under prøveudtagning?
9. Hvor længe udtages prøver under nedlukning efter alt affald og biomasseaffald er udbrændt? (skal der fastlægges kriterier for drift af sugetræksblæser og primær/sekundærblæser for at sikre kendt flow og er det muligt med et konstant flow)
10. Hvis et anlæg har krav om langtidsprøvetagning, kan udstyret til langtidsprøvetagning, så anvendes som alternativ til akkrediteret prøvetagning?
11. Evt. andre tekniske spørgsmål af relevans (efter forudgående aftale med Miljøstyrelsen)

Referencelaboratoriet vil kontakte et eller flere affaldsforbrændingsanlæg i projektforløbet med henblik på at få belyst hvordan opstart og nedlukning håndteres i praksis på anlæggene.

## 2 Resultater af undersøgelsen

Der henvises til besvarelserne af de enkelte spørgsmål.

### 2.1 Besvarelse af spørgsmål 1

#### Spørgsmål 1:

Del 1: Hvilken betydning har stigende temperaturer under opstart og faldende temperatur under nedlukning på dannelse dioxiner, furaner og dl-PCB?

Del 2: Hvordan tages der højde herfor ved måling (skal målinger opdeles i tidsperioder eller temperaturintervaller)?

#### Besvarelse af spørgsmål 1:

Del 1:

Dioxiner og furaner og formentlig også dl-PCB kan dannes i temperaturintervallet 200°C til ca. 600°C når byggestenene (sod (frit kulstof), kulbrintefragmenter (aromater), klor og lidt kobber der virker som katalysator, er til stede. Dannelsen er dog størst i intervallet fra 200°C til 400°C /2/.

Ved opstart og nedlukning vil aflejring af sod, kobber og klor fx i overhøderne i kombination med det relevante temperaturinterval betyde at der er risiko for dannelse og/eller afgivelse af dioxiner og furaner og dl-PCB.

Ved opstart efter revision vil rengøringen af kedel og hedeplader betyde, at der vil være færre byggesten til stede i belægninger og det må forventes at dannelse og/eller afgivelse af dioxiner og furaner og dl-PCB vil være mindre end ved urensede ovn og hedeplader.

Memory effekt:

1. Dioxiner, PCB mm. optages i belægninger og i kunststofmaterialer i anlægget (især i polypropylen), hvor de lagres med en koncentration svarende til ligevægtskoncentrationen mellem stoffet og luften/røggassen ved den aktuelle temperatur. Når anlægget drives med en lavere koncentration eller ved højere temperatur end normalt, vil stofferne afgå igen.
2. Sod (frit kulstof (og evt. lidt PAH)) og klor aflejres i anlægget. Når temperaturen er passende, vil der kunne dannes dioxiner mm, som afgives til røggassen.

Del 2:

Målingen bør udføres ved flowproportional udsugning, som man normalt gør ved isokinetisk prøvetagning. Både temperatur og flow vil ændre betydeligt og kontinuerligt under opstart og nedlukning og korrekt flowproportional (isokinetisk udsugning) kan derfor bedst opnås med et prøvetagningssystem med indbygget automatik, hvor udsugningen reguleres så snart temperatur og flow ændres.

Målingen kan godt udføres ved manuel regulering, men det kræver en løbende beregning og regulering af udsugningen, som i praksis kun kan udføres i små intervaller af et par minutters varighed, hvilket betyder at reguleringen ikke er så præcis som et automatisk system vil være. Manuel regulering kræver således konstant opmærksomhed og personale til stede i hele måleperioden, som godt kan blive lang.

Vedr. opdeling af målingerne i tidsintervaller: Der henvises til besvarelsen af spørgsmål 3.

## **2.2 Besvarelse af spørgsmål 2**

Spørgsmål 2:

Hvornår kan og skal prøveudtagningen starte i forbindelse opstart? (Ved første gennemblæsning af luft, ved driftsstart af sugetræksblæser eller primær/sekundærblæsere inden opstarts-/støttebrændere sættes i drift).

Besvarelse af spørgsmål 2:

OTNOC defineres som unormal drift og formålet med OTNOC-målingerne er, at skaffe information om dioxinmissionen under unormal drift (læs der hvor dioxin-dannelsen er anderledes end ved normal drift).

Opstart:

Lige så snart der brændes et brændsel i anlægget (dvs. alle former for støttebrændsel) eller når anlægget opvarmes med damp, vil der i teorien kunne dannes dioxiner mm fra aflejringer. Da dannelsen først sker ved temperaturer over 200°C bør kriteriet for opstart af måling være når der brændes brændsel eller opvarmes med damp og temperaturen ved hedepladerne er over 200°C. I praksis kan man blot starte ved opstart brændslet eller start af opvarmning med damp.

Målingen stoppes når EBK-temperaturen når 850° (normal drift).

Bemærk at der ved rengjort anlæg (fjernelse af aflejringer) fx efter revision må forventes en lavere emission af dioxiner under opstart.

Nedlukning:

Lige så snart der stoppes for tilførsel af affald vil der opstå en driftssituation, hvor forbrændingen ikke er optimal og hvor der kan dannes mere sod og kulbrintefragmenter. EBK-temperaturen skal holdes indtil der ikke er affald på risten og der forventes derfor ikke øget dioxindannelse så længe EBK-temperaturen holdes. Når der ikke mere er affald på risten, fortsætter sugetræksblæseren med at køre. Flowet vil gradvist reduceres til der ikke er behov for flow gennem ovnen, hvilket vil være langt senere end det tidspunkt, hvor hedepladerne er kølet til 200°C.

Vi anbefaler at OTNOC-målinger starter fra der ikke mere er affald på risten eller når EBK-temperaturen falder til under 850°C.

Når temperaturen i røggassen de varmeste steder i anlægget (hedepladerne) når ned på 200°C kan dioxiner mm. ikke mere dannes og målingen standses. Hvis denne periode er mindre end 6 timer som er normal måletid for dioxiner kan målingen fortsættes til de 6 timer er opnået.

## **2.3 Besvarelse af spørgsmål 3**

### Spørgsmål 3:

Skal der udtages én eller flere prøver under opstart, fx forskellige temperaturintervaller?

### Besvarelse af spørgsmål 3:

I BAT konklusionerne står der ikke noget om varighed og antal af prøver ved OTNOC, men for periodiske målinger (præstationskontrol) fremgår det af oversigten på side 8 i BAT-konklusionerne at der skal udtages minimum 3 prøver af 30 minutter, dog for dioxiner mm. én prøve af 6-8 timer.

Det vurderes, at dette bedst opnås med én prøve af så lang varighed som opstart henholdsvis nedlukning tager. Det kan man vælge, hvis der ønskes viden om i hvilke intervaller de nævnte stoffer dannes. Hvis perioderne bliver korte, risikeres detektionsgrænsen at blive unødigt høj. Da der også forventes lave flow i dele af OTNOC-perioderne vil den flowproportionale udsugning i lavt flow medføre højere detektionsgrænser. Målinger af 60 minutters varighed forventes ikke at give problemer med detektionsgrænsen.

Hvis der alligevel ønskes opdeling af målingerne i flere perioder, kunne følgende opdeling være relevant:

Under nedlukning:

1. efter stop af indfyring af affald til alt affald på risten er udbrændt
2. fra alt affald på risten udbrændt indtil kedlens varmeste hedeplader er afkølet til 200°C.

Under opstart kunne det være relevant at opdele i følgende perioder:

Alm opstart uden tørring af murværk:

1. Fra 200°-800° ved de varmeste hedeplader (dioxin dannelse)
2. Derefter til EBK på 850°C opnås og affald indfyring starter

I perioderne uden for de foreslåede OTNOC-måleperioder i besvarelsen af spg. 2 (fx nedkøling af anlægget fra 200°C til fx 50°C) kan det være interessant at se om der forekommer dioxiner mm., men det må betragtes som værende uden for formålet med BAT 5.

Målinger under opstart med tørring af murværk kan undtages, da situationen forekommer sjældent (ca. hvert andet år).

Ved meget lange varigheder af opstart henholdsvis nedlukning (> 12 timer) kan der overvejes at dele prøven op i flere prøver, men måleteknisk er det ikke væsentligt et problem at måle (uovervåget) med automatisk regulering af isokinetik i lang tid. Se også besvarelsen af spg 1.

## **2.4 Besvarelse af spørgsmål 4**

### Spørgsmål 4:

Hvordan håndteres langvarig opstart i forbindelse med udtørring af murværk?

### Besvarelse af spørgsmål 4:

Tørring af murværk sker altid efter leverandørens anvisninger som afhænger af bl.a. anvendt mørtel, repareret areal mm. tørring af murværk kan godt tage meget lang tid (flere dage).

Da tørring af murværk kun forekommer ca. en gang hvert andet år anbefales det at undgå OTNOC-målinger ved opstart med tørring af murværk. En opstart uden tørring af murværk bør prioriteres i stedet.

## **2.5 Besvarelse af spørgsmål 5**

### Spørgsmål 5:

Er isokinetisk prøveudtagning mulig ved stigende røggasflow således der kan udtages en flowproportional prøve?

### Besvarelse af spørgsmål 5:

Ja, se besvarelse af spg. 1 del 2.

## **2.6 Besvarelse af spørgsmål 6**

### Spørgsmål 6:

Hvad er en repræsentativ prøveudtagning under stigende røggasflow fra opstart af kold ovn til varm ovn, klar til normal drift?

### Besvarelse af spørgsmål 6:

Flowproportional udsugning med løbende regulering af udsugningen i forhold til flow- og temperaturændringer. Se besvarelse af spg. 1 del 2.

## **2.7 Besvarelse af spørgsmål 7**

### Spørgsmål 7:

Hvordan registreres røggasflow under prøveudtagning?

### Besvarelse af spørgsmål 7:

Flow og temperatur registreres løbende i forbindelse med den flowproportionale udsugning.

Ved manuel regulering kan flow og temperatur datalogges, således at der opnås kontinuerlig registrering af flow og temperatur.

Herudover sker der registrering af flow og temperatur fra AMS.

## **2.8 Besvarelse af spørgsmål 8**

### Spørgsmål 8:

Hvordan skal analyseresultatet fra en præstationskontrol tolkes, når flow ikke har været konstant under prøveudtagning?

### Besvarelse af spørgsmål 8:

Når prøverne udtages flowproportionalt, vil der ved lavt flow suges lidt luft gennem filteret og ved højt flow mere luft gennem filteret. Dermed vil resultatet af en dioxinprøve over fx 5 timer give middelkoncentrationen i røggassen i denne periode. Denne middelkoncentration modsvarer middelflowet i samme periode. Ganges koncentration og flow sammen til en masseemission i fx g/h, så vil masseemissionen repræsentere den udladte masse i 5-timers perioden. Man kan ikke sige noget om hvilken koncentration der har været til forskellige tider i perioden. Resultatet af en flowproportional prøve er således repræsentativt for perioden.

## **2.9 Besvarelse af spørgsmål 9**

### Spørgsmål 9:

Hvor længe udtages prøver under nedlukning efter alt affald og biomasseaffald er udbrændt? (skal der fastlægges kriterier for drift af sugetræksblæser og primær/sekundærblæsere for at sikre kendt flow og er det muligt med et konstant flow)

Besvarelse af spørgsmål 9:

Så snart der ikke er affald på risten og evt. anvendelse af støttebrændsel ophører vil sugetræksblæseren standses og nedkølingen sker ved hjælp af skorstenstrækket. Dvs. at der bliver en relativ lav hastighed i kanalen, som er en udfordring for regulering til isokinetisk prøvetagning og måling af flow. Hvis hastigheden er så lav at den ikke kan måles, så vil en automatisk regulering til isokinetisk prøvetagning ikke fungerer, og der bør benyttes manuel styring af udsugningsflowet, til det der svarer detektionsgrænsen på hastighedsmåleren. Hvis der forekommer partikler i luften, antages de at være så små, at de opfører sig som gasser, og derved er isokinetisk prøvetagning ikke så vigtigt for målingen.

## **2.10 Besvarelse af spørgsmål 10**

Spørgsmål 10:

Hvis et anlæg har krav om langtidsprøvetagning, kan udstyret til langtidsprøvetagning, så anvendes som alternativ til akkrediteret prøvetagning?

Besvarelse af spørgsmål 10:

Ja. Udstyr til langtidsprøvetagning er med indbygget flowproportional udsugning og vil dermed kunne benyttes.

Det kræver dog at der skiftes prøve, således prøven alene er repræsentativ for OTNOC perioden.

Da prøvetiden bliver kort (væsentlig kortere end de mest normale langtidsprøvetagningstider på 14 dage eller en måned), er det muligt at det vil være nødvendigt at indstille udstyret til den kortere prøvetid, og sikre at det aftales med analyselaboratoriet, at prøverne er udtaget over kortere tid og under OTNOC forhold.

For at tilpasse langtidsprøvetagningsudstyr til kortere prøvetagningstid, kan følgende tilpasninger overvejes, såfremt de understøttes af det pågældende udstyr:

- Vælg en større dyse, så udstyret automatisk regulerer til et større flow.
- Benyt adsorptionsrør med en mindre mængde XAD.
- Analyser en større delprøve end normalt.

Det vurderes generelt ikke at være et problem at gå fra 14 dage til 6 timers prøvetagning, da det normalt vil være dækket af udstyrets muligheder. Herudover er detektionsgrænserne for dioxiner mm så lave at de ligger meget langt under grænseværdien.

Langtidsprøvetagere er tilsluttet styresystemet og vil blive standset i OTNOC-situationen, hvorfor dette skal omgås og prøven skal skiftes og opstartes manuelt. Ved ikke planlagt nedlukning vil det ikke være muligt at nå at skifte prøve og indstillinger på langtidsprøvetagningsudstyret. ved planlagt nedlukning kan den igangværende prøve standses et par timer før planlagt nedlukningsstart og udstyret kan gøres klar til prøvestart.

Jf. ovenstående, så vil udstyret kunne benyttes, men da det skal betjenes manuelt og overvåges mm, så må det være op til det enkelte anlæg om det er en fordel i forhold til at bestille et målefirma.

Da nedlukning og opstart sjældent er planlagt i god tid, kan det være en udfordring (umuligt i praksis) at få et målefirma til at stå klar med kort varsel. I denne situation vil udstyr til langtidsprøvetagning være en fordel (hvis udstyret kan betjenes af anlæggets personale).

## **2.11 Besvarelse af spørgsmål 11**

Spørgsmål 11:

Evt. andre tekniske spørgsmål af relevans (efter forudgående aftale med Miljøstyrelsen).



Besvarelse af spørgsmål 11:

Der er dog ikke nogen målinger der tyder på at dl-PCB er et problem. Da dl-PCB er relativt billigt at tage med i en dioxin prøve bør dl-PCB også måles (evt. kun en gang).

Hvis anlægget ikke har en måling af relevant temperatur ved hedepladerne eller mulighed for at vurdere denne, bør anlægget få installeret en relevant temperaturmåling, hvilket ikke er en stor omkostning.

### **3 Sammenfatning og konklusion**

Der henvises til besvarelsen af de enkelte spørgsmål.

### **4 Bidrag og referencer**

- /1/ Martin Schabert og Simon Topholm Bruun fra Fjernvarme Fyn har bidraget ved at deltage i et møde med Referencelaboratoriet, hvor OTNOC og dioxindannelse i affaldsforbrændingsanlæg blev diskuteret.
- /2/ Mads Gandrup har udarbejdet et Bachelor projekt hos Fjernvarme Fyn vedr. dioxindannelse på linje 13 og mulige reduktionstiltag. Referencelaboratoriet har set rapporten.
- /3/ Dansk Affaldsforening, DAF, har haft udkast til notat til kommentering. Bemærkninger fra DAF er indarbejdet i notatet i det omfang Referencelaboratoriet og Miljøstyrelsen er enige.